

早稲田大学大学院理工学研究科

博士論文審査報告書

論文題目

理美容鋏の切断特性と切れ味の
定量的評価に関する研究

**Study on Cutting Characteristics and Quantitative Evaluation
of Sharpness for Hair-Cutting Scissors**

申請者

氏

井上 研司
Kenji Inoue

専攻・研究指導

機械工学専攻 金属加工研究

2006年2月

2500 年以上の長い歴史を持つ鋏であるが、その形状は発明当時からほとんど変化していない。つまり、鋏は長い年月の間、生活の中に当然そうあるべきものとして、簡潔かつ同じ形状のまま存在している完成された道具である。このように鋏は我々の日常生活に溶け込んでいるのにもかかわらず、これに関する研究は驚くほど少ない。塑性工学においては、金属を対象にした切断機構については多くの金属に関しての研究がなされている。形状も厚板から薄板、極薄板、丸棒、管材と多岐にわたり、切断面のせん断部、破断部とその切断機構が明らかにされ、さらに圧縮場の付加による切断面をより精密にするための高精度化（精密切断）など、塑性加工分野でのネットシェイプ化に大きく貢献している。塑性加工における切断は動力を源とする機械によってなされるが、切断に関与する技術者は切断面の美麗性に関心があり、切断する際の感触等とは関連がない。一方、理美容鋏においてはユーザが職人であることが大きな特徴である。すなわち、理美容師が理美容鋏を初めて手にした時にその鋏への好感度（空切り性）や理美容時の切断感触（官能性）は塑性工学的には考慮しなくて良かった項目であった。また、数少ない鋏の切れ味に関する研究を分類すると、地域の特産品としての鋏の振興を目的として行うものと、裁ち鋏の切れ味や使いやすさに重点をおいて行われたものがあり、分野が限られていた。

本研究はそのような従来の研究とは一線を画し、理美容師にとって評価の高い理美容鋏とはどのようなものか、また切られた毛髪健康にとって好ましい理美容鋏とはどのようなものかという観点から、特に理美容鋏の切断の詳細な基礎的な機構を解明することを目的としている。さらに、理美容鋏による切断の仕組みを理解することで物理現象に基づいた、鋏の定量的な評価を確立し、これまで曖昧だった鋏の評価から脱却し、現状の理美容鋏から理想形への要因を追求していくことを目的としている。

本論文は 9 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、鋏の歴史的成り立ちと、日本での歴史的推移および理美容鋏の種類やその材質に関して概説し、鋏および理美容鋏の切断対象である毛髪に関する従来研究の内容について詳細に述べるとともに、本研究の目的、本研究の位置づけを明確にしている。

第 2 章では、鋏の刃先端は非常に鋭利であり、同時に三次元的なカーブを描いている理美容鋏の刃先端の状態の定量的測定法について述べている。従来は光学顕微鏡により拡大された刃先端部の写真を撮影し、その写真をもとに粗さを特定していたが正確さを欠いていた。さらに、刃先端の粗さは、鋏の切断を理解する上で重要な要素であり、パラメータの一つとして常時正確に測定されることが本研究の基本となると考えられる。これらを解決するため、先端を研削したカッター刃を利用した粗さの測定方法を新たに提案し、刃先端の丸みに関しても、測定方法を確立している。本方法を用いることで、

測定時間と測定精度の向上が可能となることを示している。

第3章では、毛髪を様々な方法で切断する際の切断荷重について明らかにしている。まず、実際の理容師の動作をできるだけ再現でき、理美容鋏で約80 ミクロンの毛髪を切断する際の微小荷重を測定できる装置を試作している。理美容鋏での切断面は、中央部に帯状の非平滑面が、その両側に挟み込むように平滑面が存在することを明確にし、切断面がこの様な形態をとる理由を考えるために鋏のいくつかのパラメータを変化させて、その切断荷重に与える影響を調査している。その結果、刃角度、空切り荷重、刃先端丸み R を変化させたときに荷重への影響が大きいことを明確にしている。これらの現象から、毛髪の切断は非平滑部の引張りによって完了し、その引張り破断荷重が切断荷重と一致することを明らかにしている。また、理美容鋏による切断時のクリアランスの測定を行い、理美容鋏の切断では切断過程においてクリアランスが変化しながら切断が進行することを示している。

第4章では、理美容鋏のユーザである理美容師が毛髪を実際に切断する際の感機能試験について明らかにしている。理美容師は切断した際の感触を「硬い」・「柔い」と表現するが、切れ味が硬いとされる条件と柔いとされる条件において、高速度カメラによる切断状態の観察を行い比較した結果、切れ味が「硬い」とされる条件では、鋏全体が切断時に振動を生じていることを明らかにしている。この振動はプレス機械のブレークスルー現象と同様、切断抵抗によって鋏に生じたひずみが切断完了の際に一気に解放されることにより、発生するものであることを明らかにしている。さらに、4種類の形状の異なる鋏を用いて、切断時に発生する振動の最大振幅と官能切れ味とを比較し、両者には対応関係があることを示している。

第5章では、ユーザである理美容師が鋏を購入する判断を下す上で重要な情報である空切り開閉荷重（開閉感）の測定と計算結果について明らかにしている。鋏の空切り開閉荷重は、刃線上の交点での刃と刃とが押付け合う力、触点での刃と刃とが押付け合う力、および鋏の自重からなるものと考えて理論式の導出を確立している。その結果、刃線上の交点での摩擦力を計算するために、必要な刃線上の交点での面に垂直な力は、鋏体の変形量から実験的に求めることが可能であることを示し、実測値と比較したところ高い相関が得られることを明らかにしている。

第6章では、様々な方法で切断した毛髪の断面を比較し、その結果から断面の評価方法を検討し毛髪の健康に及ぼす影響について明らかにしている。一般的に毛髪の外側を覆っているキューティクルが、内側のコルテックス、中心部のメデュラの水分の蒸発を防いでいるとされている。そのため、切断面は出来るだけ小さくかつ平坦であることが望まれている。したがって、刃角度や刃先端長手方向粗さ、刃先端丸み R などの鋏の各種のパラメータが毛髪の切断面に与える影響について調査し、毛髪の切断面を観察し、切断面には平滑部と非平滑部とがあることを示している。その結果、刃先端丸み R の

値の影響が顕著で、その値が大きくなると非平滑部の面積比が増加することを明らかにしている。さらに、刃先端丸み R の異なる 2 丁の鋏で毛髪を同時に切断し、2 ヶ月間日常の生活をした後に鋏の状態を比較したところ、刃先端丸み R の大きな鋏で切断した毛髪では枝毛が発生する確率が高いことを示している。この結果、ヘアカットに使用される鋏の刃先端 R は、出来るだけ小さい方が毛髪に与える影響が小さいため好ましいことを確認している。このことは、再刃付けを必要に応じて常に行うことで、使用する鋏の刃先端 R の状態を維持することが重要であることを明確にしている。

第 7 章では、鋏の実使用時の刃先端の状態変化を調査し、官能的視点に立った切れ味を低下させる要因について調査し、理美容鋏の耐久性を明らかにしている。官能試験の結果から刃先端の粗さ R_z 、刃先端長手方向粗さ R_a 、刃先端丸み R が大きくなると官能切れ味が低下することを明らかにしている。これらの因子の耐久性への影響を調査している。その結果、刃先端長手方向粗さ R_z は、理美容鋏の素材の硬さの影響が大きく、硬さの大きなものほど R_z に関する耐久性が高いことを明確にしている。また、刃先端長手方向粗さ R_a は、理美容鋏の素材が摩耗する際に発生する摩耗粉の大きさの影響が大きく、摩耗粉が細かいほど R_a の増大による官能切れ味の低下に陥りにくいことを示している。このことから強度、成分の異なるステンレス製の鋏とコバルト基合金製の鋏とを比較したところ、コバルト基合金製の鋏の方が摩耗粉が小さいことを明確にしている。さらに、刃先端丸み R は使用条件下での理美容鋏の素材の耐摩耗性の影響が大きく、耐摩耗性が高いほど刃先端丸み R に関する耐久性が高いことも明確にしている。

第 8 章では、本論文の結論として本研究で得られた成果を総括している。

第 9 章では、今後の展望と検討課題についても言及している。

以上要するに、本論文は今日までほとんど研究がなされなかった理美容鋏を対象として、鋏の各部位が切断荷重、切る感触、開閉感、被切断物（毛髪）の切断面の状態、耐久性に及ぼす影響を明らかにし、切断荷重モデルを提案し、理美容鋏の切れ味特性の基礎を確立したものである。この成果は、理美容鋏における切断特性と切れ味の定量的評価という観点から、塑性工学・切断工学・官能工学に大きく貢献するものである。よって、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

2006 年 2 月

審査員	（主査）早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	本村 貢
	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	浅川基男
	早稲田大学教授	工学博士（東京工業大学）	川本広行
	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	川田宏之